

REMODELLING OF RF SYSTEM OF AIST 400MeV LINAC

Ryoichi Suzuki^{A)}, Norihiro Sei^{A)}, Hiroyuki Toyokawa, Hiroshi Ogawa, Ryunosuke Kuroda,
Toshiyuki Ohdaira, Atsushi Kinomura, Nagayasu Ohsima, Kawakatsu Yamada

^{A)} National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

1-1-1 Umezono, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8568

Abstract

In order to reduce the maintenance cost of the AIST 400 MeV LINAC, which has 20 accelerating tubes, the RF system of the accelerator has been remodelled together with the renewal of water cooling and air conditioning system. An 80 MW klystron (E3712) with a compact klystron modulator has been installed. The RF output was connected to 8 accelerating tubes through vacuum waveguide and vacuum/SF6 gas window.

産総研400MeVリニアックマイクロ波系の改造

1. はじめに

産総研の400MeV電子リニアックは、電子蓄積リング (TERAS, NIJI-IV) への電子ビーム入射や陽電子ビームの実験に利用している。このリニアックは、1980年に稼働を開始して以来、200pps以上の運転が可能な東芝E3776型Sバンドクライストロン (22MW) 8本と加速管20本で運転を行ってきた。陽電子ビームの実験では前段の4本の加速管及び2本のクライストロンを100ppsで動作させている。蓄積リングへの入射の場合は、電子ビームは2ppsで加速しているが、後述するようにクライストロン電源を安定化させるため、従来は全てのクライストロンを50ppsで運転していてエネルギー効率が極めて悪いという問題があった。

昨年度の本学会で発表したように[1]、産総研加速器施設では、老朽化した空調設備の更新の機会を利用して実験に合わせて必要な空調・冷温水系のみ動かすことができるようにして施設の省エネ化対策を実施した。この一環で、80MW以上の出力が可能なクライストロン (東芝E3712) を導入し、後段の加速管8本をこのクライストロンでドライブすることにより、省エネ化・メンテナンスコストの低減化をはかるとともに、従来より高いエネルギーの実験にもフレキシブルに対応できるようにした。

2. マイクロ波系改造

従来は、E3776型クライストロン8本を図1(a)のように20本の加速管に接続していた。電子蓄積リングへの電子ビーム入射を行う場合、電子ビームの入射は2ppsで行うが、クライストロンのパルス電源は50~100pps運転に最適化されており、2ppsでは機械的に電源電圧を安定化させる機構が動作せず不安定になるため、クライストロンのパルス電源は50ppsで運転し、マイクロ波のクライストロンへの入力を25パルスに1回入れることによって、2ppsで加速していた。

この電子蓄積リングへの電子入射モードでは、ビームの加速は2ppsにもかかわらず、全クライストロンが50ppsのパルスレートで運転するために、電力効率が極めて悪かった。

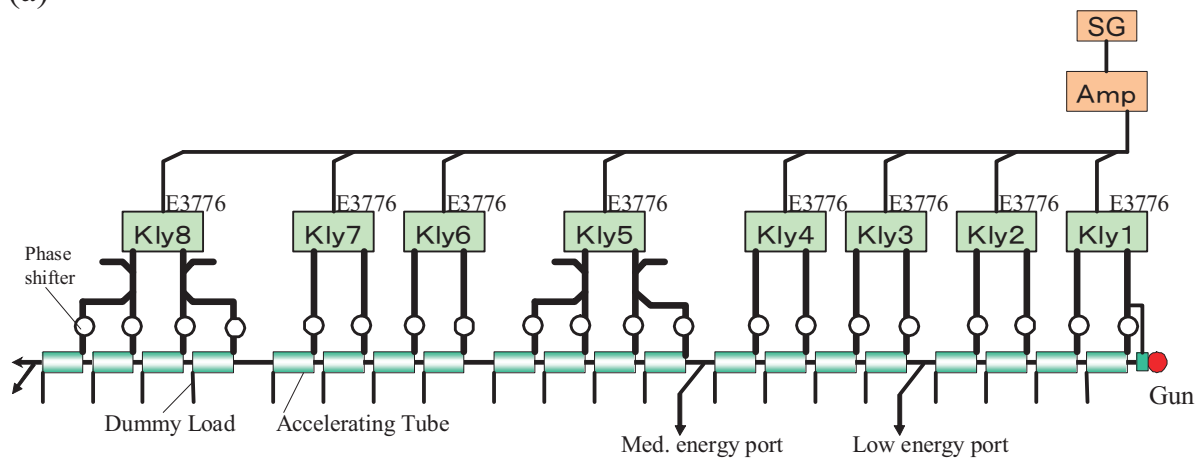
クライストロンのパルス電源をインバータ方式にすれば2ppsでの運転も可能になることから、老朽化した空調・冷温水系の更新に合わせて、インバータ方式の新しいクライストロンモジュレータを導入することとした。しかし、予算の制限から、全てのクライストロンモジュレータを新しくすることは難しく、80MWのクライストロン (東芝E3712) 1台を導入し、従来の3~4台のクライストロンの代替とした。図1(b)にこの新しいクライストロンを使用したマイクロ波系の接続図を示す。

E3712クライストロンの出力は真空対応の導波管を接続するようになっていたが、既存の加速管はSF6ガス用導波管が繋がっていることから、E3712の2出力をそれぞれ3dBハイブリッドによって分割した後、真空とSF6ガスの窓を通してガス系の導波管にマイクロ波を送るようにした。新クライストロンの出力は、これまで1本のクライストロンで4本の加速管をドライブしていた部分をおき換えるように接続した。これによって、図1(b)のように既存の導波管立体回路の変更を最小限に抑えながら、8本の加速管をクライストロン1本でドライブすることが可能になった。この8本の加速管には、80MWの出力時にはこれまでの倍近い電力を供給することができるようになったことから、従来のクライストロンは前段4本 (新クライストロンのパワーが30~50MWの場合は5本) のみの稼働で蓄積リングへのビーム入射が可能になった。

今回導波管の接続変更をしていない後段のクライストロンは、稼働させなくとも蓄積リングへの入射は可能であるが、現在より高エネルギーでの入射や他のクライストロンが不具合が起こった時の予備としてすぐ稼働できる状態になっている。

新しいクライストロンを動作させるインバータ式のパルス変調器電源 (定格395kV 490A) は、ニチコ

(a)



(b)

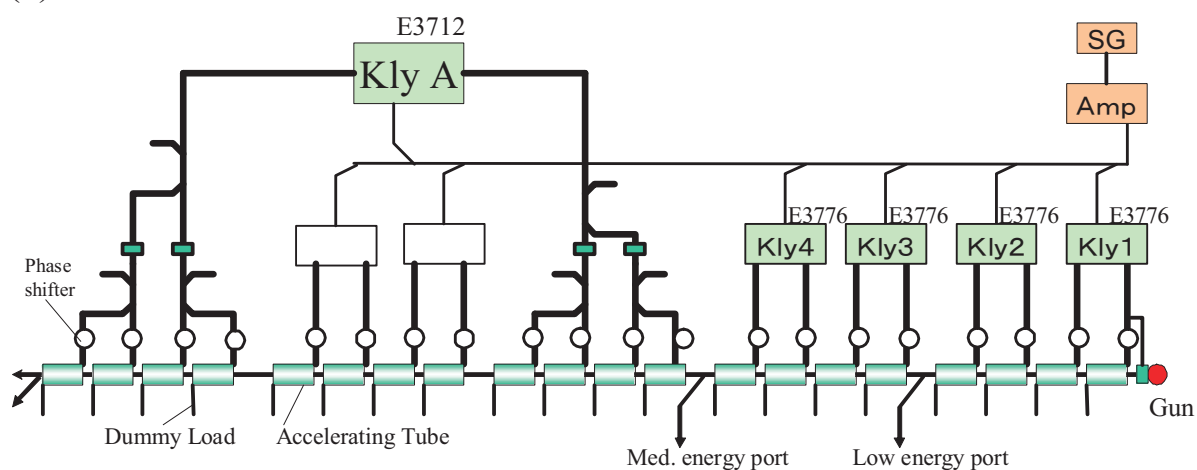


図1. (a)従来の産総研電子リニアックマイクロ波系と (b) 改修後のマイクロ波系

ン製で、できるだけ小型にするため主要部品を絶縁オイルタンク (2240mm x 1390 mm x 942mm) の中に入れた密閉構造とした。図2にこのクライストロンモジュレータの写真を示す。このモジュレータに用いる絶縁オイルは、消防法上の問題から、通常の炭化水素系の油ではなく、シリコンオイルを用いている。サイラトロン管は、CX1836を用いている。

図3は、この新クライストロンのマイクロ波出力を加速管に入力した時の、加速管ダミーロードモニタの検波器の出力である。約 $2 \mu s$ の幅で平坦な出力が得られており、既存のクライストロンのマイクロ波出力とほぼ同等の時間構造である。

3. 改造による効果

3. 1 省エネ効果

今回の改造は、老朽化した冷温水・空調の更新の機会を利用して行ったものである。新クライストロンに必要な冷却能力はパルスレートが低いため10kW程度であり、従来のクライストロンに必要な冷却能力 (4台で120kW以上) に比べて1桁以上少ない。そこで新しい冷温水・空調系の仕様は、新クライスト



図2 80 MWクライストロンモジュレータ

ロンに合わせて冷却能力を減少させた。さらに、陽電子の実験では前段の2本のクライストロンのみしか使用しないことから、実験に応じて冷温水・空調系の能力を可変できるようにして、省エネ化をはかった。この省エネ化の効果は、図4に示すとおりであり、従来の電力使用量に比べて電力使用量はほぼ半分になっている。一方、加速器の稼働時間（Motor-Generatorの稼働時間、小型Sバンド加速器の稼働も含む）は改修後のほうが長くなっている。これは、小型Sバンド加速器の実験時間が増えたことも一要因であるが、冷温水系の能力を減少させたことにより、従来必要だった圧力容器の定期点検等による停止期間が無くなり、稼働できる日数が増えたことも要因としてあげられる。これによって、加速器を従来より高い稼働率で活用できるようになった。

3. 2 その他の効果

既存のクライストロンモジュレータは、1980年製であり、保守部品が手に入らなくなっていた。また、クライストロンやサイラトロンは8台稼働させると交換の頻度が高いという問題もあった。新クライストロン導入により、既存のクライストロンは3~4台停止できることから、この分を保守部品として確保できる。これと省エネ化による光熱水費の減少により、加速器の維持コストは従来に比べて大幅に減少した。

また、従来はマイクロ波の総出力は8本のクライストロンで176MWであったが、新しいシステムではすぐに起動できる予備のクライストロンを合わせると212MWの出力が可能になったことから、従来よりも多い電流で高エネルギーの電子ビームを用いる実験も可能になった。

4. まとめ

産総研の電子加速器施設の老朽化した空調・冷温水系の改修に合わせて、400MeV電子リニアックのマイクロ波系に80MWのクライストロンを導入し、空調・冷温水系の仕様もこのクライストロンに合わせて。これにより、従来よりも少ない維持経費で従来よりもフレキシブルに実験に対応できるようになった。

現在は、まだ従来のクライストロンと新クライストロンとの操作系が別々になっていて運転時に使いづらい面があるため、今後1ヶ所で全ての操作をできるようにする予定である。

参考文献

- [1] R.Suzuki, et al., Proceedings of the 31th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, Aug. 2-4, 2006, p.242.



図3. 新クライストロンのマイクロ波出力を加速管に入れた時の加速管ダミーロードモニタ検波器波形（加速管1本あたり約5MWのマイクロ波を入力）

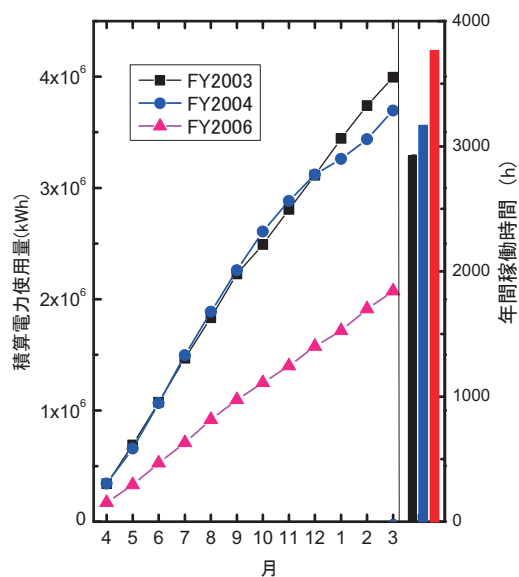


図4. 新クライストロン用に空調・冷却水系を改修後（2006年度）と改修前の産総研電子加速器施設の電力使用量。右端には年間加速器稼働時間も示した。